

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektroniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky K410

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektroniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky K410

Návrh nastavení ochran řady Relion
pro rekonstruovanou rozvodnu vn v průmyslovém podniku
Proposal and Setting of Relion Elektric Protections for Supply Substation

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Heczko**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Návrh nastavení ochran řady Relion pro rekonstruovanou rozvodnu vn v
průmyslovém podniku
Proposal and Setting of Relion Elektric Protections for Supply
Substation**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor ochran a jištění
2. Teoretický rozbor výpočtu zkratových proudů
3. Popis rekonstruované rozvodny vn v průmyslovém podniku
4. Popis ochran navržených pro chránění rozvodny vn
5. Návrh nastavení ochran řady Relion pro rekonstruovanou rozvodnu vn (ochrany vývodů vn, ochrany transformátorů)
6. Zhodnocení návrhu elektrických ochran

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Janíček, F., Chladný, V. a kol.: Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave. STU Bratislava, 2004.
2. Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
3. Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku. SNTL, Praha 1991.
4. Haluzík, E.: Ochrany a automatiky v elektrických sítích. Skriptum VUT Brno, 1985.
5. ČSN EN 60909-0. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách. Květen 2002.
6. ČSN 33 3051. Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení. Listopad 1992.
7. Firemní literatura a katalogy, technická dokumentace rozvodny vn v průmyslovém podniku.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Čestné prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Jablunkově 22. 04. 2016



Poděkování studenta:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu mé diplomové práce doc. Dr. Ing Zdeňkovi Medvecovi a také panu Ing. Markovi Tinkovi, Ph.D. který mi poskytl spoustu cenných rad, různých podkladů a připomínek k mé diplomové práci.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na problematiku nastavování digitálních nadproudových ochran. V teoretické části je uveden popis elektrických ochran, její definice, jednotlivé druhy a složení ochrany z jednotlivých prvků. Dále je zde popsána teorie výpočtu zkratů od vytyčení podmínek pro výpočet až po základní vzorce pro výpočet impedance jednotlivých prvků sítě. V praktické části jsou pak tyto poznatky použity pro návrh nadproudové ochrany REF620 v rozvodně v průmyslovém podniku.

Klíčová slova

Elektrické ochrany, měřicí zařízení pro ochrany, nadproudová ochrana, základní součásti elektrických ochran, výpočet zkratových proudů, zkratové impedance elektrických zařízení.

Abstract

The thesis is concentrated on setting the digital overcurrent protection. In the theoretical section describes the electrical protection, their definition, individual type and the composition of the protection of the individual elements. Further described herein is the theory of calculation of short-circuit, from identification of conditions for the calculation to the basic formula for calculating the impedance of the individual network elements. In the practical part these findings used to the design of overcurrent protection REF620 substation in an industrial company.

Key words

Electrical protection, measuring equipment for protection, overcurrent protection, basic components electrical protections, calculation of short circuit currents, short circuit impedance electrical equipment.

Použité symboly a zkratky:

I	Proud [A]
U	Napětí [V]
R	Činný odpor [Ω]
X	Reaktance [Ω]
S	Zdánlivý výkon [VA]
X _{max}	Maximální hodnota
X _{min}	Minimální hodnota
Z	Impedance [Ω]
I _{k''}	Počáteční souměrný rázový zkratový proud [A]
I _r	Rozběhový proud ochrany [A]
I _{th}	Ekvivalentní oteplovací proud [A]
X _n	Jmenovitá hodnota
I _p	Nárazový zkratový proud [A]
l	Délka vedení [m]
P _i	Převod jistícího transformátoru proudu
c	Napěťový součinitel
f	Frekvence [Hz]
S	Jmenovitý průřez vodiče [mm ²]
T _k	Doba trvání zkratového proudu [s]

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Poruchy v elektrických rozvodných systémech	2
2.1. Druhy poruch:	2
3. Ochrany zařízení elektrických provozů.....	3
3.1. Definice ochrany.....	3
3.2. Stavová reprezentace chránění.....	3
3.3. Základní požadavky na ochrany	4
3.4. Měřicí zařízení pro ochrany.....	5
3.4.1. Přístrojové transformátory proudu.....	5
3.4.2. Přístrojové transformátory napětí	7
3.5. Přehled ochran	8
3.5.1. Nadproudová ochrana.....	8
3.5.2. Rozdílová ochrana	9
3.5.3. Distanční ochrana.....	10
3.5.4. Napěťová ochrana	10
3.5.5. Frekvenční ochrana	10
3.6. Základní členy ochrany	11
3.6.1. Vstupní člen.....	11
3.6.2. Popudový člen	11
3.6.3. Měřicí člen	11
3.6.4. Logika	12
3.6.5. Koncový člen.....	12
3.6.6. Časový člen	12
3.6.7. Napájecí člen	12
3.6.8. Filtry souměrných složek.....	12
4. Výpočet zkratových proudů	13
4.1. Teorie výpočtu zkratů.....	13
4.2. Základní předpoklady pro výpočet zkratů.....	14
4.3. Podmínky výpočtu zkratových proudů:.....	14
4.4. Zkratové impedance elektrických zařízení	15

4.4.1.	Všeobecně	15
4.4.2.	Síťové napáječe	15
4.4.3.	Dvouvinuťové transformátory.....	15
4.4.4.	Korekční součinitelé pro impedance dvouvinuťových transformátorů	16
4.4.5.	Venkovní vedení a kabely.....	16
4.4.6.	Počáteční souměrné rázové zkratové proudy	16
5.	Ochrana REF620	17
5.1.	Popis	17
5.2.	Standardní konfigurace	17
5.3.	Ochranné funkce	17
5.4.	Aplikace	18
5.5.	Ovládací funkce	19
5.6.	Měřicí funkce.....	20
6.	Rozvodna R22/E29	21
6.1.	Popis rozvodny	21
6.2.	Přehledové jednopólové schéma	21
6.3.	Parametry rozvaděče	21
6.4.	Vybavení jednotlivých polí	22
6.4.1.	Pole vývodu	22
6.4.2.	Pole přívodu	22
6.4.3.	Pole měření	22
6.4.4.	Podélná spojka – Vypínač.....	22
6.4.5.	Podélná spojka – Můstek	22
6.5.	Technická data pro výpočet nastavení ochran:.....	23
6.5.1.	Parametry transformátorů	23
6.6.	Parametry kabelů	24
7.	Výpočet zkratových poměrů	25
7.1.	Schéma soustavy	25
7.2.	Zkratová impedance jednotlivých zařízení	25
8.	Nastavení ochran	28
8.1.	Možnosti nastavení:	28
8.2.	Pole č. 0	29

8.3.	Pole č. 1	31
8.4.	Pole č. 2	33
8.5.	Pole č. 3	35
8.6.	Pole č. 5	37
8.7.	Pole č. 6	39
8.8.	Pole č. 7	41
8.9.	Pole č. 8	43
8.10.	Pole č. 9	45
8.11.	Pole č. 10	47
8.12.	Pole č. 13	49
8.13.	Pole č. 14	51
8.14.	Pole č. 15	53
8.15.	Pole č. 16	55
8.16.	Pole č. 18	57
8.17.	Pole č. 19	59
8.18.	Pole č. 20	61
8.19.	Pole č. 21	63
9.	Ověření nastavení ochran	65
10.	Závěr	66
11.	Literatura	67
12.	Seznam obrázků	68
13.	Seznam tabulek	68
14.	Přílohy	69

1. Úvod

„V provozu silnoprůdého elektrického rozvodu se mohou, vyskytnou i takové stavy, které narušují bezpečnost provozu. Přitom může dojít k elektrickému, tepelnému i mechanickému ohrožení izolace vodičů i ostatních elektrických zařízení nebo dokonce o ohrožení bezpečnosti osob, obsluhujících tato zařízení. Takové stavy jsou nežádoucí a nazýváme je poruchami.“ [1]

Těmto poruchám se snažíme zabránit, ale pokud se již vyskytnou je potřeba, aby jejich nežádoucí účinky zasáhly elektrický rozvod v co nejmenší míře. Toho lze docílit správným výběrem a nastavením elektrických ochran, která samočinně a v co nejkratší době odpojí postiženou oblast od zdrojů elektrické energie, aby ostatní části elektrického systému mohl dále fungovat. Elektrické ochrany v dnešní době mají širokou škálu použití od chránění před různými poruchami (např. nadproudy, tepelné přetížení, přepětí i podpětí, zemní spojení aj.) až po měření, ovládání a monitorování energetických systémů.

V teoretické části této práce se snažím přiblížit problematiku navrhování ochran od úplného začátku, kde popisují definici ochran a základní požadavky, jež jsou na ně kladeny. Poté je kapitola zaměřena na měřicí členy, které ochrany používají. Následuje přehled několika základních typů ochran používaných v energetických systémech a nakonec jsou popsány jednotlivé členy elektrické ochrany. Dále navazuje kapitola výpočet zkratů, kde je popsána teorie výpočtu od uvedení výchozích podmínek, až k základním vztahům pro výpočet impedance jednotlivých zařízení, celkové zkratové impedance a následně i zkratového proudu.

V praktické části je nejprve popis použité ochrany REF620 od společnosti ABB, a.s., se základní možností konfigurace, aplikace a ochrannými funkcemi. V další kapitole je popsána samotná rozvodna, její uspořádání a použité zařízení. Nakonec je uveden výpočet zkratových poměrů pro danou rozvodnu a výsledky jsou použity pro vlastní nastavení nadproudové ochrany.

2. Poruchy v elektrických rozvodných systémech

„Pro správné nastavování elektrických ochranných je nutné provést analýzu všech poruchových stavů, které mohou v elektrárně či v přenosové a distribuční soustavě vzniknout. Poruchou v elektrizační soustavě rozumíme buď vznik neočekávaného chybného vodivého propojení (např. zkrat, zemní spojení), nebo rozpojení (přerušení dodávky). Oba typy těchto poruch se ve větší nebo menší míře propagují do okolní sítě a mají za následek škody na zařízení či výpadky dodávky elektrické energie. Z hlediska analýzy poruch se však jedná buď o poruchy příčné, nebo poruchy podélné. Podélné rozpojení vytváří přepětí nebo nesymetrie, které mohou být příčinou nadměrného zatěžování zařízení. Příčná porucha bývá způsobena zpravidla poruchou elektrické izolace nebo chybnou manipulací a v případě zkratu může naopak znamenat velmi rychlou destrukci zařízení. Klíčová úloha elektrických ochranných tak spočívá v odpovídající reakci na vzniklou poruchu s ohledem na potenciální škody na zařízení.“ [2]

2.1. Druhy poruch:

Přepětí

Přepětí můžeme rozdělit na dva základní druhy a to na přepětí atmosférické a přepětí provozní. Oba tyto druhy přepětí mohou mít za následek proražení izolace nebo nežádoucí přeskok mezi živými částmi elektrických zařízení.

Přetěžování

Při přetěžování dochází k zatěžování vodiče nebo elektrického zařízení, proudem větším než je hodnota jmenovitého proudu. V praxi lze hovořit buď to o krátkodobém přetěžování, které není nebezpečné, pokud nadproud nezpůsobí takové oteplení vodiče, které by bylo větší než oteplení způsobené jmenovitým proudem.

Zkrat

Zkrat nebo zemní spojení může postihnout jednu, dvě, nebo všechny tři fáze a projevuje se několikanásobně vyšším proudem než je jmenovitá hodnota. Tento zkratový proud má za následek pokles napětí a značné tepelné a mechanické namáhání, které nepříznivě ovlivňuje vodiče elektrického silnoproudého rozvodu tak i spotřebiče a ostatní rozvodná zařízení.

Znečištění izolace

Při znečištění izolace může dojít k zmenšení hodnoty elektrické pevnosti na povrchu izolace. Důsledkem toho se při větší vlhkosti vytváří částečně vodivá vrstva, která může mít za následek přeskoky na povrchu izolace vedoucí až k trvalému vodivému spojení. Následky této poruchy jsou pak obdobné jako u zkratu.

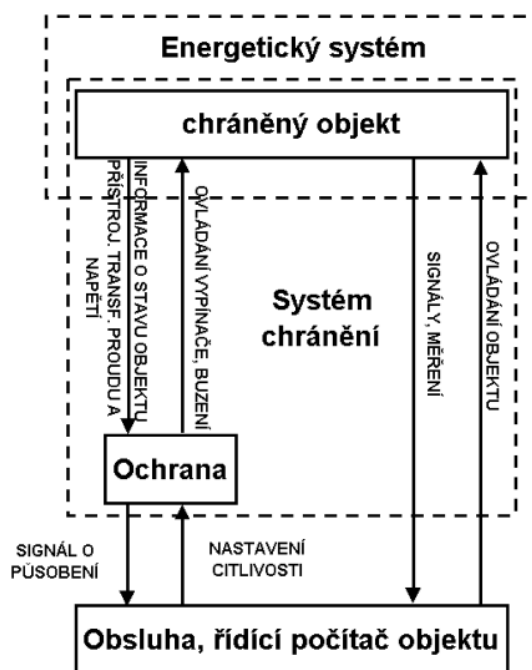
Náhodné poruchy

Jedná se o poruchy vzniklé selháním technického zařízení nebo působením neočekávaných klimatických změn například námraza, pád větví apod. popřípadě chybným zásahem člověka.

3. Ochrany zařízení elektrických provozů

3.1. Definice ochrany

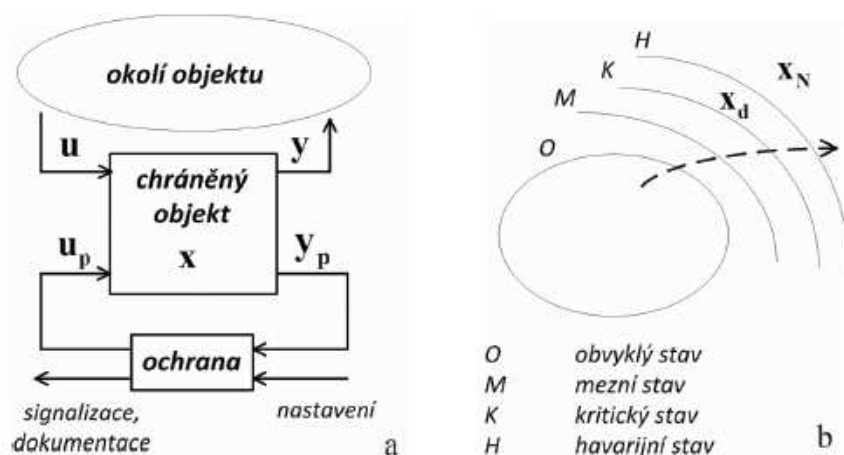
„Ochrana je zařízení, které kontroluje chod určité části energetického systému např. generátoru, linky, transformátoru apod. Přes přístrojové transformátory proudu a napětí popř. z dalších čidel získává informaci o jednotlivých veličinách chráněného objektu. Na obr. 1 je připojení ochrany k chráněnému objektu a naznačená jejich vzájemná spolupráce. Informace o proudech a napětích objektu je ochranou zpracována. Ochrana musí rozlišit, je-li chráněný objekt v mezích normálního provozu, nebo zda jde o poruchu. V případě poruchy uvnitř objektu ochrana zamezuje havárii chráněného zařízení vypnutím, odbuzením apod. Ochrana také vysílá signál o působení pro obsluhu. Obsluha může nastavovat parametry ochrany, např. měnit její citlivost nebo časové spoždění.“ [3]



Obr. 1 - Vazba ochrany a chráněného objektu

3.2. Stavová reprezentace chránění

„Požadavky na ochrany jsou formalizovány ve stavovém popisu ochrany. Část sítě chráněná ochranou se nazývá chráněný objekt, zbytek sítě, které objekt ovlivňuje okolí objektu. Soubor *vnitřních stavových proměnných objektu* x (např. napětí, proudy, teploty, sycení apod.) popisuje objekt ve smyslu jeho jedinečného (nezaměnitelného) stavu. Jinými slovy, mají-li dva vektory vnitřních stavových proměnných téhož objektu stejné hodnoty, jedná se o jeden a tentýž stav. Chráněný objekt je svázán s okolím prostřednictvím *výstupních stavových proměnných* y , což je soubor těch stavových proměnných, které jakýmkoli způsobem ovlivňují okolí objektu (vnější systém). Naopak chráněný objekt je ovlivňován z vnějšku prostřednictvím vektoru *vstupních (řídících) veličin* u .



Obr. 2 - Stavová reprezentace chránění

Ochrana snímá výstupní veličiny objektu zkreslené chybou měření a zpracování y_p a za předpokladu známých veličin u v podstatě rekonstruuje stav systému x . Tento postup je nutný, protože prakticky není možné měřit přímo všechny potřebné veličiny x (např. teplota se nahrazuje tepelným modelem jako funkce proudů, syčení poměrem U/f apod.). Nastavení ochrany definuje oblast dovolených hodnot x_d , která se ještě může dělit na oblast obvyklých hodnot, mezních hodnot a kritických hodnot. Všechny stavy, které se nalézají mimo oblast dovolených hodnot, jsou stavy nedovolené x_n . Ochrana porovná zjištěný stav chráněného objektu a oblast dovolených hodnot. V případě, že se stav chráněného objektu nalézá mimo tuto oblast, ochrana zapůsobí prostřednictvím veličiny u_p , (např. povel k vypnutí vypínače apod.). V opačném případě provádí ochrana pouze monitoring chráněného objektu (normální provoz, varovné hlášky apod.).“ [3]

3.3. Základní požadavky na ochrany

Hlavním důvodem použití ochrany je co nejrychlejší izolace části elektrické sítě, ve které vznikla porucha, tak aby nepostižené části sítě mohly bez přerušení nadále fungovat. Z toho vyplývají následující požadavky na ochrany:

Selektivita - je to schopnost ochrany vypnout pouze poškozenou část sítě, zatím co nepoškozená síť bude i nadále v provozu. Selektivitu jde dosáhnout časovým odstupňováním ochran nebo vysláním blokovacích impulsů v nepoškozených úsecích.

Citlivost - je to schopnost reagovat na poruchy vyskytující se pouze v chráněném úseku, na které je ochrana navržena. Veličina, při které ochrana reaguje, musí být nižší než hodnota poruchové veličiny. Také se nedoporučuje, aby byla ochrana až příliš citlivá, např. releová ochrana musí být necitlivá k různým provozním stavům.

Spolehlivost - vzhledem k tomu že ochrana chrání důležité a drahé zařízení, rovněž zajišťuje stabilní chod sítě je na spolehlivost ochrany kladen velký důraz. Jelikož je ochrana většinu času v nečinnosti, působí v případě poruchy, je nutné provádět pravidelné kontroly správné funkce.

Rychlost - v případě poruchy se snažíme porušenou část sítě co nejrychleji odpojit a tím zmenšit rozsah poškození. Rychlost reakce ochrany se pohybuje od 0,02 až 0,04 s, k této době ještě ale musíme připočítat dobu reakce výkonových vypínačů, která se pohybuje od 0,05 až 0,06 s.

3.4. Měřicí zařízení pro ochrany

Pro správnou funkci ochrany je zapotřebí měřicí zařízení s dostatečnou přesností, která jsou schopna přenášet informaci o chování systémových veličin do vstupních obvodů ochrany. Jako měřicí zařízení se nejčastěji využívá měřících transformátorů proudu a napětí, ale využívá se také optických smyček zábleskových ochrany nebo teplotní senzory určené pro tepelné relé.

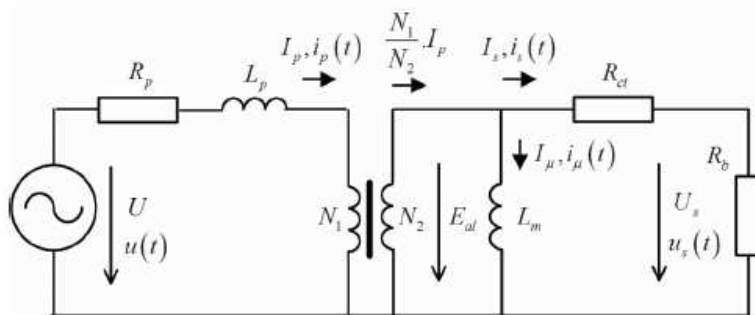
3.4.1. Přístrojové transformátory proudu

Přístrojový transformátor proudu má primární vinutí tvořené přímo vodičem energetického systému, na kterém je toroidní jádro se sekundárním vinutím. Díky nízkým hodnotám hlavní i rozptýlené reaktance vzhledem k parametrům elektrizační soustavy nedochází při instalaci PTP k ovlivnění poměrů v soustavě.

Pro měření by bylo ideální, kdyby PTP transformoval primární proud I_1 jako ideální transformátor.

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_p$$

Nemůžeme ovšem zanedbat nelinearitu magnetického jádra ani rozptýlené reaktance a zátěž na sekundárním vinutí. Výsledkem je náhradní schéma PTP.



Obr. 3 - Náhradní schéma PTP

Pro přenos efektivních hodnot proudů v periodicky ustáleném stavu bude platit:

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_p - I_\mu$$

kde I_μ je magnetizační proud, který určující pro sycení jádra. Se zvyšujícím primárním proudem rovněž roste úměrně i magnetizační proud a sekundární proud. Velikost magnetizačního proudu je v porovnání se sekundárním zanedbatelná, ale od jisté hodnoty primárního proudu se začne jádro přesycovat, což zapříčiní nárůst magnetizačního proudu na úkor sekundárního a tím vzroste i chyba měření PTP.

Jádra PTP se rozlišují podle účelu použití na přesná měřicí jádra (např. pro fakturační měření) u kterých je požadováno co možná nejpresnější měření v rozsahu provozních proudů. A jistící jádra (pro ochrany) u kterých je požadován přenos pro co největší nadproudy i za cenu nižší přesnosti měření.

Tab. 1 - Nejběžnější charakteristika měřících jader PTP

třída přesnosti PTP	pro zátěž (% S_n)	max. chyba		
		při % I_{pn}	chyba velikosti (%)	Chyba úhlu (°)
0,1	25 ÷ 100 % S_n	5 %	0,4	15
		20 %	0,2	8
		100 %	0,1	5
		120 %	0,1	5
0,2	25 ÷ 100 % S_n < 15 VA	5 %	0,75	30
		20 %	0,35	15
		100 %	0,2	10
		120 %	0,2	10
0,2S	25 ÷ 100 % S_n < 15 VA	1 %	0,75	30
		5 %	0,35	15
		20 %	0,2	10
		100 %	0,2	10
		120 %	0,2	10
0,5	25 ÷ 100 % S_n	5 %	1,5	90
		20 %	0,75	45
		100 %	0,5	30
		120 %	0,5	30

Tab. 2 - Nejběžnější charakteristika jistících jader PTP

třída přesnosti PTP	pro zátěž (% S_n)	max. chyba		
		při % I_{pn}	chyba velikosti (%)	Chyba úhlu (°)
10P	100 % S_n	100 %	3	-
		$n_{ALFn} I_{pn}$	10	-
5P	100 % S_n	100 %	1	60
		$n_{ALFn} I_{pn}$	5	-

3.4.2. Přístrojové transformátory napětí

Přístrojové transformátory napětí PTN se vyrábějí ve dvou provedeních – induktivní a kapacitní. Induktivní typ má primární vinutím jednom konci galvanicky spojený s fázovým vodičem, kapacitní typ se skládá z kapacitního děliče a induktivně je měřena pouze příslušná poměrná část fázového napětí. Oba tyto typy poskytují měření fázových napětí v dostatečné přesnosti.

Pro přenos napětí na primáru U_p na sekundáru U_s tak prakticky vždy s malou odchylkou platí:

$$U_s = \frac{N_s}{N_p} \cdot U_p$$

Stejně jak přístrojové transformátory proudu tak i PTN se rozdělují na měřicí a jistící jádra. Nejpoužívanější třídy přesnosti a rozsahy pro PTN znázorňují tabulky.

Tab. 3 - Nejběžnější charakteristika měřících jader PTN

třída přesnosti PTN	pro zátěž (% S_n)	max. chyba		
		při % U_{pn}	chyba veli- kosti (%)	Chyba úhlu (°)
0,1	25 ÷ 100 % S_n	80 ÷ 120	0,1	5
0,2	25 ÷ 100 % S_n < 15 VA	80 ÷ 120	0,2	10
0,5	25 ÷ 100 % S_n	80 ÷ 120	0,5	20
1,0	25 ÷ 100 % S_n	80 ÷ 120	1,0	40

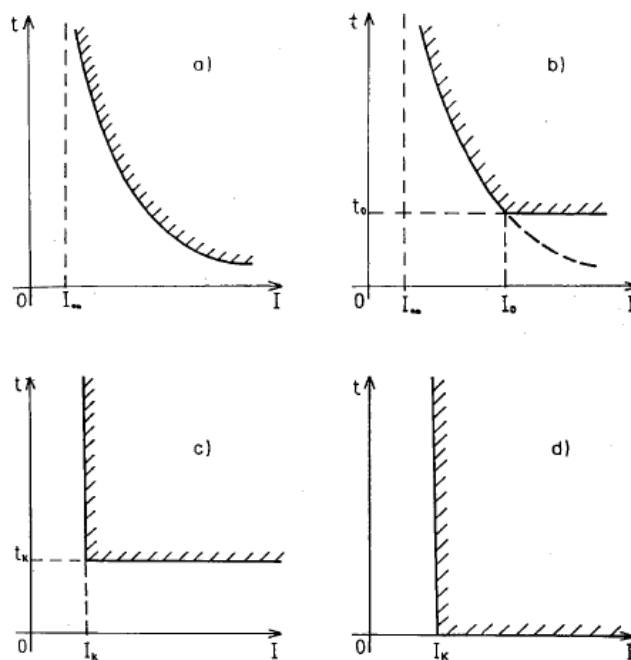
Tab. 4 - Nejběžnější charakteristika jistících jader PTN

třída přesnosti PTN	pro zátěž (% S_n)	max. chyba		
		při % U_{pn}	chyba veli- kosti (%)	Chyba úhlu (°)
3P	25 ÷ 100 % S_n	5 % - 5. U_{pn}	3,0	120
6P	25 ÷ 100 % S_n	5 % - 5. U_{pn}	6,0	240

3.5. Přehled ochran

3.5.1. Nadproudová ochrana

„Nadproudová ochrana měří obvykleji fázové proudy nebo zemní proud. Ochrana vybaví v nastaveném čase, jestliže je za stanovených podmínek kterýkoliv z naměřených proudů větších než nastavená hodnota. Z tohoto pohledu rozdělujeme charakteristiky nadproudových ochran na charakteristiky časově nezávislé a časově závislé. Většinou je potřeba, aby ochrana reagovala různě na různé typy nadproudů (např. aby zkratový proud vypnula pokud možno okamžitě a nadproud s časovou prodlevou). Z tohoto důvodu je výsledná charakteristika ochrany složena z kombinace různých charakteristik, kterým odpovídají různé odstupňované nadproudy (bývají označovány např. $I>$, $I>>$, $I>>>$ atd).“ [3]



Obr. 4 - Nadproudová ochrana s char. časově a) závislou, b) polozávislou, c) nezávislou, d) mžikovou

Obecně z toho můžeme vyvodit základní podmínku pro nastavení zkratové ochrany:

$$I''_{k \min} > I_p > I_{L \text{ peak max}}$$

kde:

I_p	...	hodnota nastavení pro $I>>$
$I''_{k \min}$...	minimální hodnota zkratového proudu
$I_{L \text{ peak max}}$...	okamžitá maximální hodnota proudu zátěže

Většina výrobců doporučuje alespoň $I_p \geq 1,5 \div 1,6 \cdot I_{L\ peak\ max}$ a zároveň hodnota minimálního zkratového proudu by měla dosáhnout $I''_{k\ min} \geq 2 \cdot I_p$. Podmínka pro nastavení nadproudové ochrany tedy bude:

$$I_{L\ peak\ max} > I_p > I_{L\ max}$$

kde: I_p ... hodnota nastavení pro I>
 $I_{L\ max}$... okamžitá maximální ustálená hodnota proudu zátěže

Přitom musí platit, že časové odstupňování musí být takové, aby ochrana nezareagovala na dočasnou hodnotu $I_{L\ peak\ max}$. Doporučená hodnota je $I_p \geq 1,2 \div 1,4 \cdot I_{L\ max}$.

V moderních digitálních ochranách rozlišujeme 4 druhy normalizovaných charakteristik:

Tab. 5 - Normalizované časově závislé charakteristiky podle IEC

Průběh dle IEC			K	α
Typ A	normálně inverzní	NI	0,14	0,02
Typ B	velmi inverzní	VI	13,5	0,1
Typ C	extrémně inverzní	EI	80	0,2
Typ D	dlouhodobě inverzní	LI	120	1

Vypínací čas u závislých ochran podle IEC 255 závisí na proudu I_p a čase T_p podle vztahu:

$$t = \frac{K}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^\alpha - 1} \cdot T_p$$

kde: t je teoretický čas působení
 K je konstanta char. relé
 T_p je časový násobitel
 I je poruchový proud
 I_p je nastavený rozběhový proud
 α je index char. algebraickou funkci

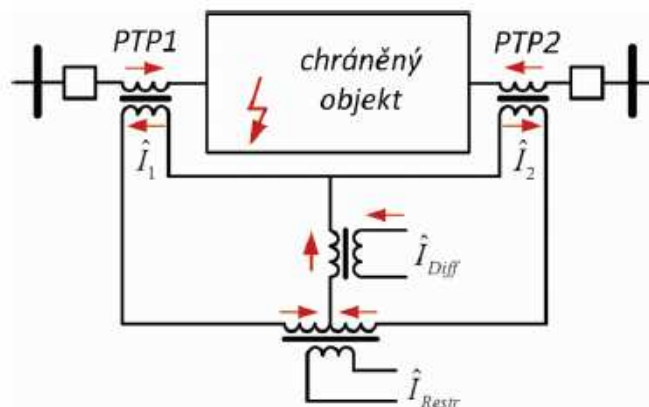
3.5.2. Rozdílová ochrana

Rozdílová ochrana detekuje poruchu z rozdílu proudu procházejících chráněným objektem.

normální stav: $\Delta i_r = |\sum i_{VST} - \sum i_{VYST}| = 0$

poruchový stav: $\Delta i_r = |\sum i_{VST} - \sum i_{VYST}| > 0$

Rozdílové ochrany dělíme na podélné a příčné v závislosti na jejich použití. Příčná ochrana porovnává vstup dvou objektů a podélná ochrana porovnává vstup a výstupem jednoho objektu.



Obr. 5 - Principiální schéma funkce rozdílové ochrany

V normálním stavu je vždy přítomná malá hodnota unikajícího proudu, ke kterému se musí ještě zahrnout chyba měření. Proto při nastavení ochrany musíme určit pásmo necitlivosti, které závisí na:

- chybě měření přístrojového transformátoru (magnetizační proud)
- nestejnosti poměru převodu přístrojových transformátorů na primární a sekundární straně a základního převodu silového transformátoru

3.5.3. Distanční ochrana

Impedanční (distanční) ochrana využívá principu měření impedance zkratové smyčky. Ochrana měří velikost proudu a napětí v místě připojení ochrany. Název distanční vychází z toho, že ochrana zjišťuje vzdálenost (distanci) zkratu, měří směr polohy zkratu.

3.5.4. Napěťová ochrana

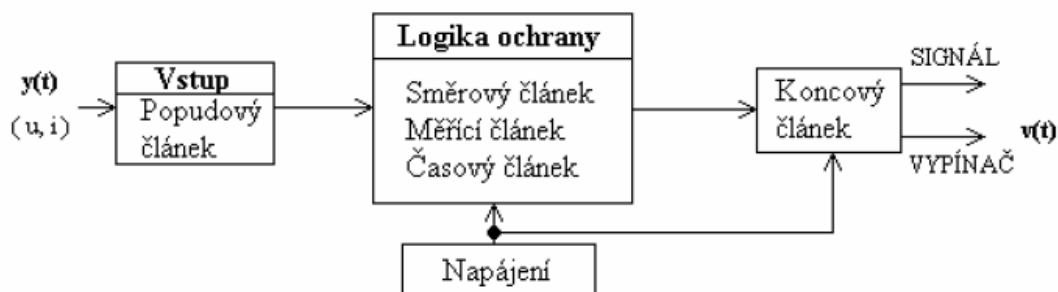
Napěťová ochrana působí při vzrůstu nebo poklesu napětí. Klasické napěťové ochrany mají podobnou konstrukci jako ochrany proudové, liší se pouze impedancí měřícího článku (vstupním odporem).

3.5.5. Frekvenční ochrana

Frekvenční ochrany na základní harmonickou se používají ke sledování frekvence sítě buď jako nefrekvenční nebo podfrekvenční. Podfrekvenční ochrany se používají především k odpojování méně důležitých zátěží při přetížení sítě.

3.6. Základní členy ochrany

Ochrana se skládá ze sedmi základních členů, přičemž nemusí obsahovat nutně všechny členy. Jednotlivé členy jsou popsány v následující kapitole.



Obr. 6 - Příklad složení ochrany

3.6.1. Vstupní člen

Hlavním úkolem vstupního členu je jednak převádět vstupní signály y na zpracovatelný tvar a úroveň, dále chránit vnitřní obvody ochrany proti rušení a chybným signálům a nakonec zjišťuje stav objektu.

„Jmenovité vstupní hodnoty ochrany jsou 100V, 5A nebo 1A. Tyto veličiny jsou přivedeny na svorky ochrany z přístrojových transformátorů proudu a napětí. Měřicí členy elektrické ochrany pracují v rozmezích voltů a miliampérů. Vstupní členy ochrany převádí vstupní veličiny na tyto úrovně pomocí bočníků, děličů a transformátorů. Transformátor, ať proudový nebo napěťový, navíc galvanicky odděluje obvody ochrany od okolí.“ [2]

Pokud má měřicí člen ochrany vstupní signál stejnosměrný, poté vstupní člen musí ještě obsahovat navíc ještě usměrňovač. Zvláštní skupinu tvoří vstupní členy digitálních ochrany, které obsahují A/D převodník, který vzorkuje a převádí vstupní analogový signál na digitální. Vstupní člen musí dále obsahovat ještě filtry na odstranění rušivých harmonických.

3.6.2. Popudový člen

„V případě vzniku poruchy v ES v dosahu ochrany podává o ní popudový člen informaci měřicímu členu a logice. Je nutné mít na zřeteli, že ne každá porucha má být odstraněna jedinou ochranou. O tom, zda příslušná porucha patří do kompetence ochrany, rozhoduje měřicí člen a logika. Popud zaručí pouze rozběhnutí těchto obvodů. Popudový člen se v podstatě neliší od měřicího členu ani konstrukcí ani funkcí. Může mít obdobnou charakteristiku, avšak není to nutné. Popudový člen mívá větší citlivost než měřicí člen.“ [2]

3.6.3. Měřicí člen

Měřicí člen je nejdůležitější, určuje hranici mezi provozním stavem a poruchou. Na jeho vstup je přiveden stav objektu. Většina vlastností elektrické ochrany je závislá na měřicím členu jako např. selektivita, přesnost nebo citlivost. Pokud srovnáme měřicí člen proudový s napěťovým, zjistíme, že oba měří amplitudu střídavého napětí či proudu. Vhodnější je měřicí členy analyzovat podle charakteru funkce.

Rozeznáváme dva základní typy a to amplitudový měřicí člen a součinnový měřicí člen měřící fázi mezi dvěma vstupními veličinami. Kromě těchto dvou základních typů ještě rozeznáváme další čtyři odvozené typy viz. tab. 6.

Tab. 6 - Druhy měřících členů ochrany

Základní měřicí členy	Odvozené měřicí členy
Amplitudový	Závislý člen
	Rozdílový člen
	Amplitudový komparátor
Součinnový	Fázový komparátor

3.6.4. Logika

Zpracovává logický signál $b(t)$ z popudového členu, určuje funkci měřicího členu a na základě signálu z měřicího členu určuje funkci koncového členu. Jelikož jsou vstupy a výstupy z logiky booleovské funkce, můžeme vytvořit její strukturu využitím soustavy tří logických funkcí: součtu, součinu a negace. Lze ji realizovat těmito členy:

Klasická pomocná relé, Jazyčková relé, Diody, Tranzistory, Integrované obvody, Technické vybavení (software), Programové vybavení (hardware)

3.6.5. Koncový člen

Jako koncový člen se nejčastěji využívá pomocné relé s výkonovými kontakty a na jeho vstup se přivede signál z logiky. Signál z koncového členu působí např. na vypínací cívkou nebo signalizuje působení ochrany apod.

3.6.6. Časový člen

Časový člen slouží k prodloužení působení ochrany, toho se využívá ze tří hlavních důvodů. Zajištění selektivity, kdy se časovým zpožděním navzájem ochrany odstupňují, tedy umožní funkci ochrany umístěné blíže poruše. Nebo u záložní ochrany se nastaví vyšší zpoždění než u ochrany základní. Vyloučení chybného působení ochrany, které může způsobit krátká přechodná porucha. Využití akumulace energie v objektu, ochrana dovolí určité přetížení objektu, za předpokladu, že toto přetížení neohrozí chráněný objekt.

3.6.7. Napájecí člen

Napájecí člen neboli pohon ochrany lze provést několika způsoby. U elektromechanických ochrany se často se využívá přímé napojení ze staniční baterie, protože akumulátorová baterie při pravidelné údržbě je vysoce spolehlivá. Naproti tomu při napájení ze střídavé sítě může dojít k výpadku. K napájení tranzistorových a digitálních ochrany je, ale zapotřebí vzít v úvahu nežádoucí rušení. Proto kde se požaduje lepší stabilizace a filtrace napájecího napětí se využívá napájení přes stabilizátor nebo galvanickým oddělením pomocí střídače a usměrňovače.

3.6.8. Filtry souměrných složek

Souměrné složky proudu nebo napětí jsou důležité stavové veličiny objektu. Podle jejich velikostí lze určit, o jaký druh poruchy se jedná.

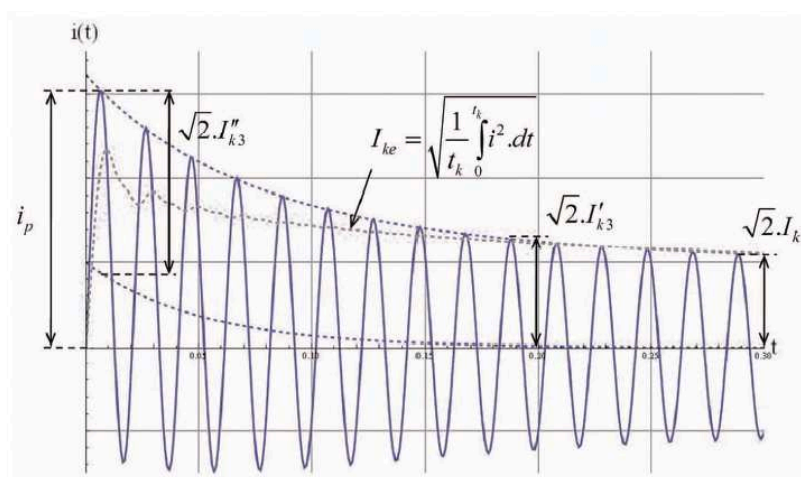
4. Výpočet zkratových proudů

4.1. Teorie výpočtu zkratů

„Nejrozšířenějšími poruchami v elektrizační soustavě jsou zkraty. Při zkratu se celková impedance postižené části soustavy podstatně zmenší, tím dojde k výraznému nárůstu proudu (tento proud nazýváme zkratový proud) a v konečném důsledku dochází ke snížení napětí v místech blízkých zkratu. Obvykle dochází v místě zkratu k hoření oblouku. Proud i délka oblouku se v průběhu zkratu mění, tím se mění i odpor oblouku. Při výpočtu zkratových proudů pro účely dimenzování elektrických zařízení přechodný odpor oblouku zanedbáváme. Jsou-li zkratem postiženy současně všechny tři fáze jedná se o souměrný zkrat. Ostatní druhy zkratu jsou nesouměrné a patří k nim: dvoufázový zkrat, dvoufázový zemní zkrat a jednofázový zkrat. U venkovních vedení se trojfázový zkrat vyskytuje poměrně málo, naopak v kabelových sítích je nejvíce zkratů trojfázových.“ [4]

Pro každý typ poruchy existuje průběh zkratového proudu, který charakterizují tyto hodnoty:

- *Nárazový zkratový proud* (I_p) je maximální možná hodnota předpokládaného zkratového proudu.
- *Počáteční souměrný rázový zkratový proud* (I'_{k3}) je efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v okamžiku zkratu při konstantní impedanci.
- *Přechodný zkratový proud* (I'_k) je efektivní hodnota střídavé souměrné složky předpokládaného zkratového proudu v přechodném stavu.
- *Ustálený zkratový proud* (I_k) je efektivní hodnota předpokládaného zkratového proudu, který zůstává po odeznění přechodového děje.
- *Ekvivalentní oteplovací zkratový proud* (I_{th}) je efektivní hodnota proudu, který má stejné tepelné účinky a stejnou dobu trvání jako skutečný zkratový proud, který může obsahovat stejnosměrnou složku a s časem se mění.



Obr. 7 - Zkratový proud elektricky vzdáleného zkratu (schematický diagram)

4.2. Základní předpoklady pro výpočet zkratů

- Předpokládáme, že se parametry prvků elektrizační soustavy nemění v průběhu trvání zkratu.
- Soustavu před zkratem uvažujeme jako symetrickou.
- Neuvažujeme vliv elektrického oblouku na zkratový proud.
- Předpokládáme, že zkratem je postižena více než jedné fáze (neplatí pro jednofázový zkrat).
- Změny v zapojení soustavy v době trvání zkratu se uvažují, pouze pokud ovlivní velikost ekvivalentního oteplovacího proudu.
- Uvažujeme vliv synchronních alternátorů, motorů, komparátorů a asynchronních motorů.

4.3. Podmínky výpočtu zkratových proudů:

Při výpočtu maximálních zkratových proudů je nutné zvolit následující podmínky:

- pro výpočet se musí použít napěťový součinitel c_{\max} , podle tab. 07,
- vybrat konfiguraci soustavy a maximální příspěvky z elektráren a síťových napáječů tak, vyvedly k maximální hodnotě zkratového proudu v místě zkratu nebo pro přijaté dělení sítě pro omezení zkratového proudu,
- pokud je použita ekvivalentní impedance Z_q jako reprezentující vnější síť, musí se použít minimální ekvivalentní zkratová impedance, která odpovídá maximálnímu příspěvku zkratových proudů od síťových napáječů,
- musí být zahrnuty příspěvky motorické zátěže,
- uvažují se rezistence R_l vedení (venkovních vedení a kabelů) při teplotě 20°C.

Naopak, při výpočtu minimálních zkratových proudů je nutné zvolit následující podmínky:

- pro výpočet se musí použít napěťový součinitel c_{\min} , podle tab. 07,
- vybrat konfiguraci soustavy a minimální příspěvky z elektráren a síťových napáječů tak, vyvedly k minimální hodnotě zkratového proudu v místě zkratu,
- motory musí být zanedbány,
- rezistence R_l vedení (venkovních vedení a kabelů, vodičů a středních vodičů) se musí uvažovat při nejvyšší teplotě:

$$R_l = [1 + \alpha(\theta_e - 20^\circ C)] \cdot R_{l20}$$

kde: R_{l20} je rezistence při teplotě 20°C
 θ_e teplota vodiče ve stupních Celsia na konci zkratu
 α součinitel rovný 0,004 K, platný s dodatečnou přesností pro praktické účely pro měď, hliník a slitiny hliníku

Tab. 7 - Napěťový součinitel c

Jmenovité napětí U_n	Napěťový součinitel c pro výpočet	
	max. zkratových proudů c_{\max}	min. zkratových proudů c_{\min}
nn 100V až 1000V	1,05 ⁽¹⁾ 1,10 ⁽²⁾	0,95
vn >1kV až 35kV	1,10	1
vvn >35kV		

(1) – pro soustavy nn s tolerancí +6%

(2) - pro soustavy nn s tolerancí +10%

4.4. Zkratové impedance elektrických zařízení

4.4.1. Všeobecně

„U síťových napáječů, transformátorů, venkovních vedení, kabelů, reaktorů a podobného zařízení jsou si sousledná a zpětná zkratová impedance soustavy rovny: $\underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)}$. Netočivá zkratová impedance $\underline{Z}_{(0)} = \underline{U}_{(0)}/\underline{I}_{(0)}$ se určuje ze střídavého napětí uvažovaného mezi třemi paralelními vodiči a společným zpětným vedením (například zemí, zemnicím zařízením, nulovým vodičem, zemnicím vodičem, kabelovým pláštěm a kabelovým pancířem). V tomto případě protéká společným zpětným vedením trojnásobek proudu netočivé složky. Impedance generátorů (G), síťových transformátorů (T) a elektrárenských bloků (S) se musí vynásobit impedančními korekčními součiniteli K_G , K_T a K_S nebo K_{SO} pokud se zkratové proudy počítají pomocí ekvivalentního napěťového zdroje v místě zkratu.“ [5]

4.4.2. Síťové napáječe

Je-li trojfázový zkrat napájen ze sítě, u které je známý pouze počáteční souměrný rázový zkratový proud I_{kQ}'' v bodě připojení napáječe Q, pak ekvivalentní impedance Z_Q (sousledná zkratová impedance) sítě v bodě připojení napáječe Q se určí:

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3}I_{kQ}''}$$

4.4.3. Dvouvinut'ové transformátory

Sousledné zkratové impedance dvouvinut'ových transformátorů $\underline{Z}_T = R_T + jX_T$ s odbočkami regulovatelnými při zatížení nebo bez nich se vypočítají ze jmenovitých údajů transformátoru.

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{P_{krT}}{3I_{rT}^2} \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

kde: U_{rT} jmenovité napětí transf. na straně vyššího nebo nižšího napětí
 I_{rT} jmenovitý proud transf. na straně vyššího nebo nižšího napětí
 S_{rT} jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru
 P_{krT} jmenovité ztráty nakrátko transformátoru
 u_{kr} jmenovité napětí nakrátko v procentech
 u_{Rr} činná složka jmenovitého napětí nakrátko transf. v procentech

„Činná složka u_{Rr} se může vypočítat ze ztrát nakrátko P_{krT} ve vinutí při jmenovitém proudu I_{rT} , obě hodnoty se týkají stejné strany transformátoru. Poměr R_T/X_T obvykle roste s velikostí transformátoru. U velkých transformátorů je odpor tak malý, že je možné při výpočtu velikosti zkratového proudu předpokládat, že impedanci představuje pouze reaktance. Odpor je nutné uvažovat pouze tehdy, jestliže se má vypočítat nárazový zkratový proud i_p nebo stejnosměrná složka. Potřebné údaje pro výpočet $\underline{Z}_T = R_T + jX_T = \underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)}$ lze najít na štítku. Údaje o netočivé zkratové impedanci $\underline{Z}_{(0)T} = R_{(0)T} + jX_{(0)T}$ lze získat ze štítku nebo od výrobce.“ [5]

4.4.4. Korekční součinitelé pro impedance dvouvinut'ových transformátorů

Síťový transformátor je transformátor spojující dvě nebo více sítí s rozdílným napětím. U dvouvinut'ových transformátorů s přepínačem odboček při zatížení i bez něj se musí navíc k impedancím spočítaných podle rovnic zavést korekční činitel K_T . Tento korekční součinitel se nesmí použít pro blokové transformátory.

$$\underline{Z}_{TK} = K_T \cdot \underline{Z}_T \text{ kde } \underline{Z}_T = R_T + jX_T$$

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0,6 \cdot x_T}$$

kde: x_T je poměrná reaktance transformátoru $x_T = X_T / (U_{rT}^2 / S_{rT})$ a c_{max} z tabulky 1 odpovídá napětí sítě připojené ke straně nižšího napětí síťového transformátoru.

4.4.5. Venkovní vedení a kabely

Z parametrů vodiče (např. průřez a rozteč vodičů atd.) lze vypočítat souslednou zkratovou impedanci $\underline{Z}_L = R_L + jX_L$.

$$R_L = R_k \cdot l$$

$$X_L = X_k \cdot l$$

4.4.6. Počáteční souměrné rázové zkratové proudy

Pro běžný případ, kdy je $Z_{(0)}$ větší než $Z_{(1)} = Z_{(2)}$, se vyskytne největší počáteční zkratový proud u trojfázového zkratu.

$$\text{Trojfázový zkrat: } I_3'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\text{Dvoufázový zkrat: } I_{k2}'' = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_3''$$

$$\text{Jednofázový zkrat: } I_{k1}'' = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)} + Z_{(0)}|} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$

kde: c napěťový součinitel
 U_n jmenovité sdružené napětí sítě v místě zkratu
 $Z_{(1)}$ sousledná impedance zkratového obvodu
 $Z_{(2)}$ zpětná impedance zkratového obvodu
 $Z_{(0)}$ nulová impedance zkratového obvodu

5. Ochrana REF620

5.1. Popis

REF620 je specifické IED vývodu dokonale přizpůsobené pro chránění, ovládání, měření a monitorování systémů energetických společností i průmyslových energetických distribučních systémů, včetně radiálních, okružních a zauzlených distribučních sítí. REF620 je jedním z výrobků produktové skupiny Relion® firmy ABB určené pro chránění a ovládání a zároveň je i součástí produktové řady 620. Charakteristickými vlastnostmi IED řady 620 je jejich funkční rozšiřitelnost a výsuvné řešení. Výrobky řady 620 byly navrženy tak, aby plně využily potenciál standardu IEC 61850 pro komunikaci a vzájemnou součinnost zařízení pro automatizaci rozvodu.

5.2. Standardní konfigurace

IED řady 620 jsou k dispozici ve standardních konfiguracích, které je možné použít jako příklady inženýringu řady 620 s různými funkčními bloky. U standardních konfigurací se nepředpokládá, že budou použity jako skutečné aplikace koncového uživatele. Koncoví uživatelé si vždy musí prostřednictvím konfiguračního nástroje vytvořit vlastní aplikační konfigurace. Standardní konfiguraci je však možné použít jako výchozí bod pro její modifikaci podle požadavků aplikace.

IED REF620 je k dispozici ve dvou standardních alternativních konfiguracích: Konfigurace A s tradičními měřicími převodníky proudu a napětí (JTP, MTN) a konfigurace B s proudovými a napěťovými senzory. Standardní konfiguraci je možné upravit prostřednictvím grafické signálové matice (Signal Matrix), nebo grafickou aplikační funkcí nástroje PCM600 (Protection and Control IED Manager). Aplikační konfigurační funkce nástroje PCM600 kromě toho podporuje i tvorbu vícevrstevných logických funkcí, které využívají různé logické prvky včetně časových členů a klopných obvodů. Kombinací ochranných funkcí a funkčních logických bloků je možné konfiguraci IED přizpůsobit uživatelsky specifickým aplikačním požadavkům.

5.3. Ochranné funkce

IED nabízí směrovou i nesměrovou nadproudovou ochranu, ochranu proti tepelnému přetížení a také směrovou i nesměrovou zemní ochranu. Kromě zemní směrové ochrany je možné také použít zemní admitanční ochranu, zemní ochranu vyhodnocující harmonické složky nebo zemní wattmetrickou ochranu. IED je kromě toho vybaveno citlivou zemní ochranou, ochranou při fázové nevyváženosti, ochranou pro přechodné / přerušované zemní poruchy, přepětovou i podpětovou ochranou, přepětovou ochranou vyhodnocující nulovou složku napětí, podpětovou ochranou vyhodnocující souslednou složku napětí a přepětovou ochranu vyhodnocující zpětnou složku napětí. IED nabízí frekvenční chránění včetně nadfrekvenční a podfrekvenční ochrany i ochranu, která vyhodnocuje rychlost změny frekvence. IED je kromě toho vybaveno také funkcí třípólového vícenásobného automatického opětovného zapnutí určenou pro vývody venkovních vedení.

Jestliže je IED rozšířeno o doplňkové HW a SW vybavení, je možné k IED také připojit tři kanály detekce záblesku s čočkovými bodovými senzory, které u vnitřní rozvodny s ocelově krytými rozvaděči umožňují realizovat zábleskovou ochranu prostorů vypínače, přípojníc a kabelů. Rozhraní pro senzory zábleskové ochrany je k dispozici na volitelném komunikačním modulu. Rychlé vypnutí touto ochranou zvyšuje bezpečnost obsluhujícího personálu, a pokud dojde k obloukovému zkratu, limituje škody na zařízení rozvodny. Volitelné rychlé výstupy pomáhají minimalizovat dopady obloukového zkratu.

Tab. 8 - Hlavní nastavení nesměrové nadproudové ochrany (PHxPTOC)

Parametr	Funkce	Hodnota (Rozsah)	Krok
Popudová hodnota	PHLPTOC	$0,05 \dots 5,00 \times I_n$	0,01
	PHHPTOC	$0,10 \dots 40,00 \times I_n$	0,01
	PHIPTOC	$1,00 \dots 40,00 \times I_n$	0,01
Násobící časový faktor	PHLPTOC	0,05...15,00	0,01
	PHHPTOC	0,05...15,00	0,01
Čas zpožděného působení	PHLPTOC	40...200000 ms	10
	PHHPTOC	40...200000 ms	10
	PHIPTOC	20...200000 ms	10
Typ pracovní charakteristiky ¹⁾	PHLPTOC	Nezávislé nebo závislé časové zpoždění Typ charakteristiky: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19	
	PHHPTOC	Nezávislé nebo závislé časové zpoždění Typ charakteristiky: 1, 3, 5, 9, 10, 12, 15, 17	
	PHIPTOC	Nezávislé časové zpoždění	

5.4. Aplikace

IED REF620 zajišťuje nadproudové a zemní chránění v sítích energetických společností i v průmyslových distribučních sítích. IED REF620 je vhodné pro použití jak v sítích s izolovaným nulovým bodem, tak i v sítích s odporově nebo impedančně uzemněným nulovým bodem. IED REF620 vybavené moderními funkcemi komunikace mezi rozvodnami je také možné použít pro chránění kruhových nebo zauzlených distribučních sítí i radiálních sítí.

IED REF620 lze použít v konfiguracích s jednoduchou i s dvojitou přípojnici, v konfiguracích s jedním nebo s dvěma vypínači i v konfiguracích s vysokým počtem spínacích zařízení. IED podporuje značný počet jak ručně ovládaných, tak i motorem ovládaných odpojovačů a uzemňovačů a je schopné řídit provoz rozsáhlých konfigurací. Počet ovladatelných zařízení je závislý na počtu nepoužitých, tj. neobsazených binárních vstupů a binárních výstupů, které nejsou využity pro jiné potřeby aplikace. Počet dostupných vstupů / výstupů (I/O) lze zvýšit použitím rozšiřujících I/O modulů RIO600.

IED REF620 nabízí rozsáhlé možnosti pro přizpůsobení konfigurací aplikačním požadavkům. PCM600 (Protection and Control IED Manager) je nástroj vhodný pro všechna IED produktové skupiny Relion a obsahuje všechny potřebné programy / nástroje pro konfiguraci zařízení včetně nastavení funkčnosti, parametrů, rozhraní ovládání HMI a komunikace.

IED REF620 je ideálním řešením pro moderní logiky vývodů. Trvalé investice firmy ABB do vývoje a úzká spolupráce se zákazníky se odrážejí v nabídce nejlepšího portfolia zemního chránění na trhu. IED řady 620, která jsou objednána se zábleskovou ochranou, je možné vybavit volitelnou I/O kartou s rychlými výstupy působícími během jedné milisekundy, čímž dochází k dalšímu vylepšení zábleskové ochrany a minimalizaci dopadů obloukového zkratu.

5.5. Ovládací funkce

IED REF620 integruje funkce určené pro ovládání vypínačů, odpojovačů a uzemňovačů prostřednictvím jednotky HMI na čelním panelu nebo prostřednictvím povelů dálkového řízení.

IED obsahuje dva bloky pro ovládání vypínače. Kromě bloku pro ovládání vypínače je IED vybaveno čtyřmi bloky řízení, které jsou určeny pro ovládání odpojovače nebo podvozku vypínače s motorovým pohonem. IED také nabízí dva bloky IED pro chránění a ovládání řízení, které jsou určeny pro ovládání uzemňovače s motorovým pohonem. IED kromě těchto funkcí obsahuje čtyři doplňkové bloky pro indikaci polohy odpojovače a dva bloky pro indikaci polohy uzemňovače, které jsou použitelné u odpojovačů a uzemňovačů ovládaných pouze ručně.

Pro každé použité řízené a ovladatelné primární zařízení musí být v IED k dispozici dva fyzické binární vstupy a dva fyzické binární výstupy. Počet použitých binárních vstupů a binárních výstupů je závislý na zvolené HW konfiguraci IED. V případě, že pro zvolenou HW konfiguraci není počet dostupných binárních vstupů nebo binárních výstupů dostatečný, je například možné počet použitelných vstupů i výstupů v konfiguraci IED rozšířit pomocí modulu RIO600. Binární vstupy a výstupy externího I/O modulu je možné použít pro binární signály, které jsou u dané aplikace časově méně kritické. Tato integrace umožňuje uvolnit některé původně funkčně vyhrazené binární vstupy a výstupy IED.

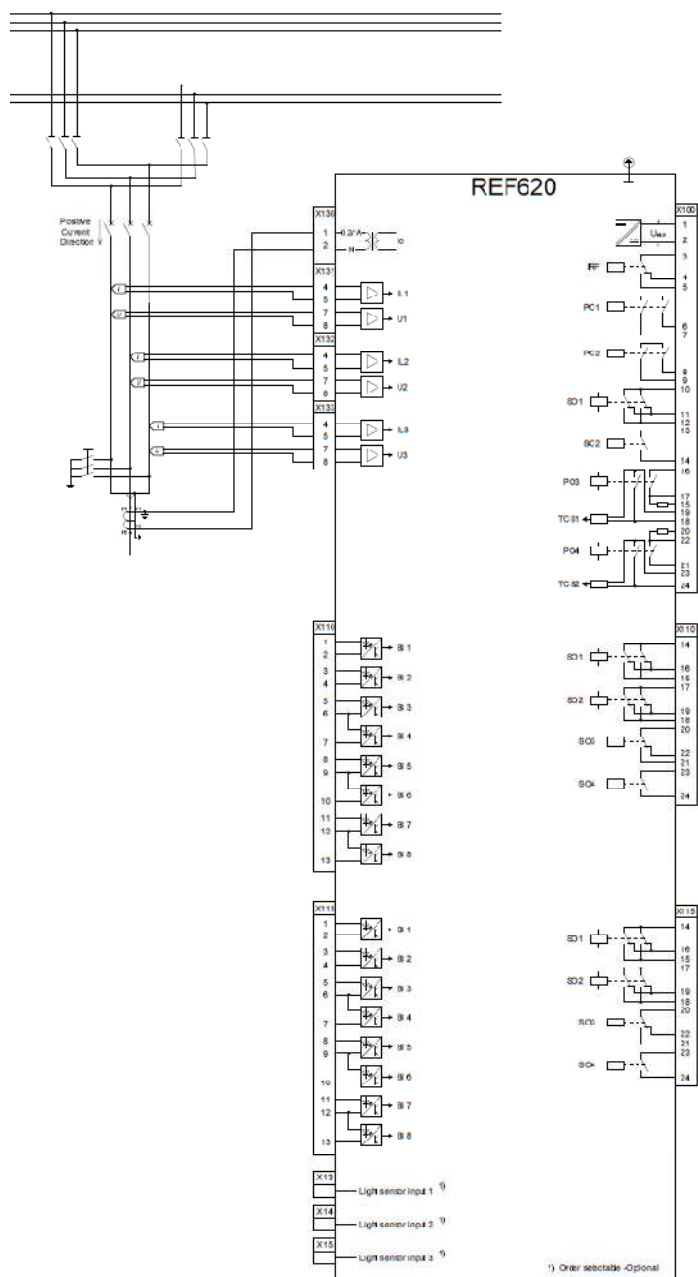
U binárních výstupů IED, které jsou zvoleny pro ovládání primárního zařízení, musí být pečlivě ověřena vhodnost jejich použití. Jedná se například o kontrolu spínací schopnosti, zatížitelnosti i rozpínací schopnosti kontaktu / výstupu. Pokud není možné požadavky kladené na ovládací obvod primárního zařízení splnit, je nutné zvážit použití externích pomocných relé.

Grafický LCD displej jednotky HMI IED zobrazuje jednopólové schéma (SLD) s indikací poloh příslušného primárního zařízení. Blokovací logiky požadované v příslušné aplikaci jsou konfigurovány prostřednictvím signálové matice (Signal Matrix), nebo aplikační konfigurační funkcí v programu PCM600.

Standardní konfigurace A má implementovanou funkci kontroly synchronního stavu (Synchrocheck), která ověřuje, zda hodnoty napětí, fázového úhlu i frekvence na obou stranách vypnutého vypínače splňují podmínky definované pro bezpečné spínání dvou sítí. Funkce automatického opětného zapnutí se snaží opětným zapnutím vypínače obnovit dodávku elektrické energie. Funkce disponuje jedním až pěti programovatelnými cykly automatického opětného zapnutí potřebného typu a požadovaného časového průběhu. Funkci je možné použít u každého vypínače, který má schopnost provádět sekvence opětného zapnutí. Funkce odpínání zátěže je schopna provést odpojení / odepnutí zátěže na principu zpracování signálů podfrekvenční funkce a funkce změny rychlosti frekvence.

5.6. Měřicí funkce

IED trvale měří fázové proudy a nulový proud (nulovou složku proudu). IED také měří fázová napětí a nulovou složku napětí. IED kromě toho počítá symetrické složky proudu a napětí, hodnoty systémové frekvence, činného i jalového výkonu, účinníku, činné i jalové energie, stejně jako hodnoty odběru (spotřeby) proudu a výkonu za uživatelem volitelné a přednastavené časové intervaly. Vypočtené hodnoty jsou získány také z IED ochranných funkcí a funkcí monitorování provozních podmínek. Měřené hodnoty jsou dostupné místně prostřednictvím uživatelského rozhraní na čelním panelu IED, nebo dálkově prostřednictvím komunikačního rozhraní IED. Místní i dálkový přístup k těmto hodnotám je také umožněn prostřednictvím uživatelského rozhraní, které pracuje na bázi internetového prohlížeče.



Obr. 8 - Výkres zapojení konfigurace se senzory

6. Rozvodna R22/E29

6.1. Popis rozvodny

Jedná se o rozvodnu s označením E29 v průmyslovém podniku, která je napájena z rozvodny E25 dvěma přívody a to z pole č. 9 a pole č. 19. Rozvodna je vybavena systémem zálohovaného napětí 60V DC. V rozvodně je umístěn VN rozvaděč 22kV, který je sestaven z 22 polí. Popis jednotlivých polí viz tabulka tab. 09. Rozvodna je provedena v síti 3PE AC 50Hz 22kV IT a elektrické zařízení rozvaděče VN-22kV je navrženo tak, aby byl možný provoz bez trvalé obsluhy. Schéma rozvodny viz příloha č. 1.

Tab. 9 - Popis jednotlivých polí rozvodny E29

Pole	Popis		Pole	Popis
00.	Vývod TSA5	-	11.	Spojka přípojníc - Můstek
01.	Vývod TSS8	-	12.	Rezerva
02.	Vývod TSA11	-	13.	Vývod TSS1
03.	Přívod z E25.9	-	14.	Vývod TSS4
04.	Měření napětí	-	15.	Vývod O-TSGSP2
05.	Vývod O-TSGSP1	-	16.	Vývod O-TS4
06.	Vývod O-TS1	-	17.	Měření napětí
07.	Vývod TSS3	-	18.	Přívod E25.19
08.	Vývod TSS6	-	19.	Vývod TSA12
09.	Vývod 2-TS1	-	20.	Vývod TSA9
10.	Spojka přípojníc - Vypínač	-	21.	Vývod TSA8

Prostorově je rozvodna uspořádána do dvou řad, kdy 1. řada se skládá z polí 00 až 10 a 2. řada se skládá z polí 11 až 21. Tyto řady jsou spolu propojeny pomocí podélné spojky přípojníc mezi poli 10 (umístěn vakuový vypínač) a 11 (umístěn spojovací můstek).

6.2. Přehledové jednopólové schéma

6.3. Parametry rozvaděče

Rozvaděč je ocelový v zapouzdřeném provedení sestavený z typizovaných skříní dvou typů.

Pole: E29.00, 01 ,02 ,19 ,20 ,21 jsou typu UniGear (ABB)

Pole: E29.03 – 18 jsou typu WBAM 6/24-2/1023 (ASTOM)

Pro spínání jsou použity elektricky ovládané vakuové vypínače ve výsuvném provedení a pro zajištění vývodu jsou použity mechanicky ovládané uzemňovače. V poli můstku podélné spojky E29.11 je použito blokovací cívky, aby nemohlo dojít k vyjetí vozíku při sepnutém stavu vypínače podélné spojky v poli E29.10. Svým provedením rozvodna zajišťuje vysokou bezpečnost pro obsluhu a spolehlivost vlastního zařízení.

6.4. Vybavení jednotlivých polí

6.4.1. Pole vývodu

Označení: E29.00 - E29.21

Vybavení:

- vakuový vypínač
- 3x měřicími transformátory proudu (MTP)
- snímač přítomnosti napětí 24kV
- uzemňovač
- přepěťová ochrana (E29.00 - E29.02, E29.19 - E29.21)

6.4.2. Pole přívodu

Označení: E29.03 a E29.18

Vybavení:

- vakuový vypínač
- 3x měřicími transformátory napětí (MTN)
- 3x měřicími transformátory proudu (MTP)
- snímač přítomnosti napětí 24kV
- uzemňovač

6.4.3. Pole měření

Označení: E29.04 a E29.17

Vybavení:

- 3x měřicími transformátory napětí (MTN)

6.4.4. Podélná spojka – Vypínač

Označení: E29.10

Vybavení:

- vakuový vypínač
- 3x měřicími transformátory proudu (MTP)
- snímač přítomnosti napětí 24kV

6.4.5. Podélná spojka – Můstek

Označení: E29.11

Vybavení:

- můstek
- snímač přítomnosti napětí 24kV

6.5. Technická data pro výpočet nastavení ochran:

Základem výpočtu nastavení ochran jsou pokud možno co nejpřesnější vstupní údaje.

6.5.1. Parametry transformátorů

Tab. 10 - Pole č. 0 - Smyčka - pole č. 21

Označení transformátorů	Parametry
TSA5	1,6MVA, 22/0,4kV, 42/2309A, 6,10%
TSA6	1,6MVA, 22/0,4kV, 42/2309A, 6,10%
TSA7	1,6MVA, 22/0,4kV, 42/2309A, 6,10%
TSA8	1,6MVA, 22/0,4kV, 42/2309A, 6,10%

Tab. 11 - Pole č. 1 - Smyčka - pole č. 20

Označení transformátorů	Parametry
TSS8	2 MVA, 22/0,4 kV, 52,5/2891 A, 3%
TSA10	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,10%
TSS7	2 MVA, 22/0,4 kV, 52,5/2891 A, 3%
TSA9	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,10%

Tab. 12 - Pole č. 2 - Smyčka - pole č. 19

Označení transformátorů	Parametry
TSS9	2 MVA, 22/0,4 kV, 52,5/2891 A, 3%
TSA11	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,10%
TSS10	2 MVA, 22/0,4 kV, 52,5/2891 A, 3%
TSA12	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,10%

Tab. 13 - Pole č. 5 - Smyčka - pole č. 15

Označení transformátorů	Parametry
TSGSP1	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TSGSP2	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%

Tab. 14 - Pole č. 6 - Smyčka - pole č. 16

Označení transformátorů	Parametry
TS1	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TS2	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TS3	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TS4	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%

Tab. 15 - Pole č. 7 - Smyčka - pole č. 13

Označení transformátorů	Parametry
TSS3	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%
TSS2	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%
TSA2	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TSA1	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TSS1	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%

Tab. 16 - Pole č. 8 - Smyčka - pole č. 14

Označení transformátorů	Parametry
TSS6	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%
TSA4	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TSA3	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2309 A, 6,20%
TSS5	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%
TSS4	2 MVA, 22/0,7 kV, 52,5/1650 A, 2,90%

Tab. 17 - Pole č. 9

Označení transformátorů	Parametry
TS1	1,6 MVA, 22/0,4 kV, 42/2199 A

6.6. Parametry kabelů

Pole č. 0 - Smyčka - pole č. 21

Pole č. 1 - Smyčka - pole č. 20

Pole č. 2 - Smyčka - pole č. 19

22-CXCEKVCEY 3x1x185 mm², Idov = 461 A

Pole č. 5 – Smyčka - pole č. 15

Pole č. 9 – Trafo 2TS1

kabel 22-AXEKCY 3x1x120 mm², Idov = 285 A

Pole č. 6 – Smyčka - pole č. 16

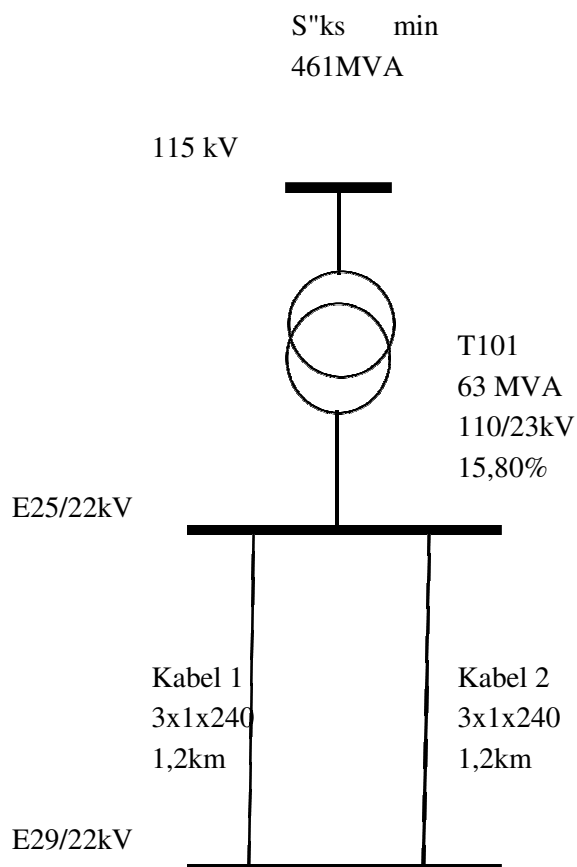
Pole č. 7 – Smyčka - pole č. 13

Pole č. 8 – Smyčka - pole č. 14

kabel 22-AXEKCY 3x1x240 mm², Idov = 417 A

7. Výpočet zkratových poměrů

7.1. Schéma soustavy



7.2. Zkratová impedance jednotlivých zařízení

Síťový napáječ:

$$Z_{Q \min} = X_{Q \min} = \frac{C_{\min} \cdot U_n^2}{S_{k \min}''} \cdot \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 = \frac{1 \cdot (115 \cdot 10^3)^2}{(461 \cdot 10^6)} \cdot \left(\frac{22 \cdot 10^3}{115 \cdot 10^3} \right)^2 = 1,05 \Omega$$

Transformátor T101:

$$X_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{15,8}{100} \cdot \frac{(23 \cdot 10^3)^2}{63 \cdot 10^6} = 1,33 \Omega$$

Kabel:

$$R_L = \frac{1}{2} \cdot R_k \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,075 \cdot 1,2 = 0,045\Omega$$

$$X_L = \frac{1}{2} \cdot X_k \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot 1,2 = 0,22\Omega$$

Výsledná impedance:

$$X_{c\ min} = X_{Q\ min} + X_T + X_{ka} = 1,05 + 1,33 + 0,22 = 2,6\Omega$$

$$|Z_{1\ min}| = \sqrt{X_{c\ min}^2 + R_{ka}^2} = \sqrt{2,6^2 + 0,09^2} = 2,6\Omega$$

Zkratové proudy v rozvodně E29:

Trojfázový minimální zkratový proud:

$$I_{3\ min}'' = \frac{c_{min} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_{(1\ min)}|} = \frac{1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot |2,6|} = 4,89\text{kA}$$

Dvoufázový minimální zkratový proud:

$$I_{k2\ min}'' = \frac{c_{min} \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1\ min)}|} = \frac{1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot |2,6|} = 4,23\text{kA}$$

$$S_{k3\ min}'' = \sqrt{3} \cdot I_{3\ min}'' \cdot U_n = \sqrt{3} \cdot 4,89 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^3 = 186\text{MVA}$$

Vývody z rozvodny E29

Síťový napáječ:

$$Z_{Q\ min} = X_{Q\ min} = \frac{c_{min} \cdot U_n^2}{S_{k\ min}''} = \frac{1 \cdot (22 \cdot 10^3)^2}{(186 \cdot 10^6)} = 2,6\Omega$$

Transformátor TSA1:

$$X_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{6,1}{100} \cdot \frac{(22 \cdot 10^3)^2}{1,6 \cdot 10^6} = 18,6\Omega$$

Transformátor TSS1:

$$X_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{2,9}{100} \cdot \frac{(22 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 10^6} = 7,02\Omega$$

Transformátor TSS9:

$$X_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{3}{100} \cdot \frac{(22 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 10^6} = 7,26\Omega$$

Výsledná impedance:

$$|Z_{1\min}| = \sqrt{(X_{Q\min} + X_T)^2} = \sqrt{(2,6 + 18,6)^2} = 21,2\Omega$$

$$|Z_{1\min}| = \sqrt{(X_{Q\min} + X_T)^2} = \sqrt{(2,6 + 7,02)^2} = 9,62\Omega$$

$$|Z_{1\min}| = \sqrt{(X_{Q\min} + X_T)^2} = \sqrt{(2,6 + 7,26)^2} = 9,86\Omega$$

Dvoufázový minimální zkratový proud:

$$I_{k2\min}'' = \frac{c_{\min} \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1\min)}|} = \frac{1 \cdot 22 \cdot 10^3}{2 \cdot |21,2|} = 518,9A$$

$$I_{k2\min}'' = \frac{c_{\min} \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1\min)}|} = \frac{1 \cdot 400}{2 \cdot |9,62|} = 1144A$$

$$I_{k2\min}'' = \frac{c_{\min} \cdot U_n}{2 \cdot |Z_{(1\min)}|} = \frac{1 \cdot 400}{2 \cdot |9,86|} = 1112A$$

8. Nastavení ochran

8.1. Možnosti nastavení:

- ⁽¹⁾ Operating curve type:
- 1 = ANSI Ext. inv.
 - 2 = ANSI Very inv.
 - 3 = ANSI Norm. inv.
 - 4 = ANSI Mod. inv.
 - 5 = ANSI Def. Time
 - 6 = L.T.E. inv.
 - 7 = L.T.V. inv.
 - 8 = L.T. inv.
 - 9 = IEC Norm. inv.
 - 10 = IEC Very inv.
 - 11 = IEC inv.
 - 12 = IEC. Ext. inv
 - 13 = IEC S.T. inv.
 - 14 = IEC L.T. inv.
 - 15 = IEC Def. Time
 - 17 = Programmable
 - 18 = RI type
 - 19 = RD type
- ⁽²⁾ Type of reset curve:
- 1 = Immediate
 - 2 = Def. time reset
 - 3 = Inverse reset
- ⁽³⁾ Operation:
- 1 = on
 - 5 = off
- ⁽⁴⁾ Num of start phases:
- 1 = 1 out of 3
 - 2 = 2 out of 3
 - 3 = 3 out of 3
- ⁽⁵⁾ Measurement mode:
- 1 = RMS
 - 2 = DFT
 - 3 = Peak-to-Peak

8.2. Pole č. 0

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 0 do pole č. 21. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSA5, TSA6, TSA7, TSA8. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 168A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{168}{60} = 2,8A \quad I_r \geq 2,8A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{2,8}{5} = 0,56 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,6 \times I_n$. 180A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,6
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	180

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{521}{60} = 8,68A \quad I_r < 8,68A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r < \frac{8,68}{5} = 1,74 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,67 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	1,67
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.3. Pole č. 1

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 1 do pole č. 20. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSS7, TSS8, TSA9, TSA10. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 189A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{189}{60} = 3,15A \quad I_r \geq 3,15A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{3,15}{5} = 0,63 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,67 \times I_n$. 200A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,67
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	200

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2 min}''}{k_c} = \frac{1123}{1,5} = 748,8A \quad I_r < 749A$$

$$I_r < \frac{748,8}{60} = 12,48 \quad I_r < 12,48$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r < \frac{12,48}{5} = 2,496 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,4 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,4
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	720

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.4. Pole č. 2

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 2 do pole č. 19. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSS9, TSS10, TSA11, TSA12. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 189A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{189}{60} = 3,15A \quad I_r \geq 3,15A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{3,15}{5} = 0,63 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,67 \times I_n$. 200A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,67
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	200

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1123}{1,5} = 748,8A \quad I_r < 749A$$

$$I_r < \frac{748,8}{60} = 12,48 \quad I_r < 12,48$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r < \frac{12,48}{5} = 2,496 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,4 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,4
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	720

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.5. Pole č. 3

Nastavení nadřazené ochrany:

$I_D = 800\text{A}$ $I_{D>} = 1600\text{A}$ $t = 1,1\text{s}$

MTP 750/1

Nadproudová ochrana **PHLPTOC, 3I>**

Rozběhový proud ochrany jsem zvolil na $1 \times I_n$ z důvodu dodržení selektivity ochran. Ale bude zapotřebí zahrnout do provozního řádu, že není možné, aby celá rozvodna E29 byla napájená pouze z jednoho přívodu při maximálním zatížení všech transformátorů. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,4
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	750

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

Zkratová ochrana **PHHPTOC, 3I>>**

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku.

$$I_r < \frac{I_{k2 min}''}{k_c} = \frac{4230}{1,5} = 2820A$$

$$I_r < \frac{I_{k2 min}''}{p_i} = \frac{2820}{750} = 3,76 \quad I_r < 3,76$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,7 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 800ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	3,7
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	800
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	2775

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.6. Pole č. 5

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 5 do pole č. 15. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSGSP1, TSGSP2. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 84A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{84}{200} = 0,42 \quad I_r \geq 0,42 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,45 \times I_n$. 90A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,45
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	90

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2 \min}''}{p_i} = \frac{521}{200} = 2,6 \quad I_r < 2,6 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,5 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,5
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.7. Pole č. 6

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 6 do pole č. 16. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TS1, TS2, TS3, TS4. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 168A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{168}{200} = 0,84A \quad I_r \geq 0,84 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,9 \times I_n$. 180A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	180

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2 \min}''}{p_i} = \frac{521}{200} = 2,6 \quad I_r < 2,6 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,5 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	1,7
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.8. Pole č. 7

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 7 do pole č. 13. V této smyčce je přes odpínače připojeno pět transformátorů TSS1, TSS2, TSS3, TSA1, TSA2. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 241,5A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{241,5}{200} = 1,2 \quad I_r \geq 1,2 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,2 \times I_n$. 240A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1,2
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	240

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1145}{1,5} = 763A \quad I_r < 763A$$

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{763}{200} = 3,82 \quad I_r < 3,82$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,9 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	$\times I_n$	3,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	780

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.9. Pole č. 8

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 8 do pole č. 14. V této smyčce je přes odpínače připojeno pět transformátorů TSS4, TSS5, TSS6, TSA3, TSA4. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 241,5A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{241,5}{200} = 1,2 \quad I_r \geq 1,2 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,2 \times I_n$. 240A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1,2
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	240

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1145}{1,5} = 763A \quad I_r < 763A$$

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{763}{200} = 3,82 \quad I_r < 3,82$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,9 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	$\times I_n$	3,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	780

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.10. Pole č. 9

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o vývod na transformátor 2TS1. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 42A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{42}{200} = 0,21 \quad I_r \geq 0,21 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,25 \times I_n$. 50A.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,25
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	50

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{521}{200} = 2,6 \quad I_r < 2,6 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,5 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,5
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.11. Pole č. 10

MTP 600/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o spojku přípojníc. Rozběhový proud ochrany nastavím na nejvyšší možnou hodnotu v závislosti na maximálním proudovém zatížení MTP tedy na hodnotu $1,2 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1,2
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,4
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	720

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{4230}{1,5} = 2820A$$

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{2820}{600} = 4,7 \quad I_r < 4,7$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $4,65 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 600ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	$\times I_n$	4,65
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	600
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	2790

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.12. Pole č. 13

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o druhé rameno smyčky z pole č. 7 do pole č. 13. V této smyčce je přes odpínače připojeno pět transformátorů TSS1, TSS2, TSS3, TSA1, TSA2. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 241,5A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{241,5}{200} = 1,2 \quad I_r \geq 1,2 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,2 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1,2
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	240

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1145}{1,5} = 763A \quad I_r < 763A$$

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{763}{200} = 3,82 \quad I_r < 3,82$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,9 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	$\times I_n$	3,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	780

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.13. Pole č. 14

MTP 200/1

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o druhé rameno smyčky z pole č. 8 do pole č. 14. V této smyčce je přes odpínače připojeno pět transformátorů TSS4, TSS5, TSS6, TSA3, TSA4. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 241,5A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{241,5}{200} = 1,2 \quad I_r \geq 1,2 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,2 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1,2
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	240

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1145}{1,5} = 763A \quad I_r < 763A$$

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{763}{200} = 3,82 \quad I_r < 3,82$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,9 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	$\times I_n$	3,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	780

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.14. Pole č. 15

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o druhé rameno smyčky z pole č. 5 do pole č. 15. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSGSP1, TSGSP2. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 84A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{84}{200} = 0,42 \quad I_r \geq 0,42 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,45 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,45
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	90

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2 \min}''}{p_i} = \frac{521}{200} = 2,6 \quad I_r < 2,6 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,5 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,5
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.15. Pole č. 16

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 6 do pole č. 16. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TS1, TS2, TS3, TS4. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 168A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{168}{200} = 0,84 \quad I_r \geq 0,84 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,9 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,9
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	180

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{521}{200} = 2,6 \quad I_r < 2,6A \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,5 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,5
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.16. Pole č. 18

Nastavení nadřazené ochrany:

$I_D = 800\text{A}$ $I_{D>} = 1600\text{A}$ $t = 1,1\text{s}$

MTP 750/1

Nadproudová ochrana **PHLPTOC, 3I>**

Rozběhový proud ochrany jsem zvolil na $1 \times I_n$ z důvodu dodržení selektivity ochran. Ale bude zapotřebí zahrnout do provozního řádu, že není možné, aby celá rozvodna E29 byla napájení pouze z jednoho přívodu při maximálním zatížení všech transformátorů. Při nastavování ochrany musíme brát na zřetel také maximální proudové zatížení MTP.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřaditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	1
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	750

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

Zkratová ochrana **PHHPTOC, 3I>>**

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku.

$$I_r < \frac{I_{k2 min}''}{k_c} = \frac{4230}{1,5} = 2820 A$$

$$I_r < \frac{I_{k2 min}''}{p_i} = \frac{2820}{750} = 3,76 \quad I_r < 3,76$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $3,7 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 800ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	3,7
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	800
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	2775

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.17. Pole č. 19

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I> Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 1 do pole č. 20. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSS9, TSS10, TSA11, TSA12. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 189A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{189}{60} = 3,15A \quad I_r \geq 3,15A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{3,15}{5} = 0,63 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,67 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,7
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	200

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1123}{1,5} = 748,8A \quad I_r < 749A$$

$$I_r < \frac{748,8}{60} = 12,48 \quad I_r < 12,48$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{12,48}{5} = 2,496 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,4 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,4
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	720

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.18. Pole č. 20

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o druhé rameno smyčky z pole č. 1 do pole č. 20. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSS7, TSS8, TSA9, TSA10. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 189A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{189}{60} = 3,15A \quad I_r \geq 3,15A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{3,15}{5} = 0,63 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,67 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,7
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	200

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{k_c} = \frac{1123}{1,5} = 748,8A \quad I_r < 749A$$

$$I_r < \frac{748,8}{60} = 12,48 \quad I_r < 12,48$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{12,48}{5} = 2,496 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $2,4 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	2,4
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	720

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

8.19. Pole č. 21

MTP 300/5

PHLPTOC, 3I Nadproudová ochrana

Jedná se o první rameno smyčky z pole č. 0 do pole č. 21. V této smyčce jsou přes odpínače připojeny čtyři transformátory TSA5, TSA6, TSA7, TSA8. Jmenovitý dovolený proud na primární straně transformátorů je 168A. Rozběhový proud I_r musí být rovno nebo o něco vyšší než součet jmenovitého proudu na primárním vinutí transformátorů ve smyčce.

$$I_r \geq \frac{I_n}{p_i} = \frac{168}{60} = 2,8A \quad I_r \geq 2,8A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r \geq \frac{2,8}{5} = 0,56 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $0,6 \times I_n$.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s nižším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,05 ... 5,00	xIn	0,6
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		0,6
Operate delay time	40 ... 200000	ms	-
Operating curve type	1 ... 19 ⁽¹⁾		14
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	180

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	1 ... 3 ⁽⁵⁾		1

PHHPTOC, 3I>> Zkratová ochrana

Rozběhový proud I_r nadproudového relé musí být menší než nejmenší očekávaný zkratový proud na konci chráněného úseku a zároveň ochrana nesmí zapůsobit při situaci, kdy jsou všechny transformátory ve smyčce v provozu a navíc jeden z nich se rozbíhá.

$$I_r < \frac{I_{k2\ min}''}{p_i} = \frac{521}{60} = 8,68A \quad I_r < 8,68A$$

Rozběhový proud určíme jako násobek jmenovitého proudu ochrany:

$$I_r < \frac{8,68}{5} = 1,74 \times I_n$$

Rozběhový proud nastavím na hodnotu $1,67 \times I_n$. Vypínací čas jsem zvolil 200ms.

Třífázová nesměrová nadproudová ochrana, stupeň s vyšším rozsahem seřiditelnosti

Parameter Group settings	Values	Unit	Setting group 1
Start value	0,10 ... 40,00	xIn	1,67
Start value Mutl	0,8 ... 10,0		1
Time multiplier	0,05 ... 15,00		-
Operate delay time	40 ... 200000	ms	200
Operating curve type	1 ... 17 ⁽¹⁾		15
Type of reset curve	1 ... 3 ⁽²⁾		1
Real values current	-	A	500

Parameter Non group settings	Values	Unit	Setting
Operation	1 or 5 ⁽³⁾		1
Num of start phases	1 ... 3 ⁽⁴⁾		1
Minimum operate time	20 ... 60000	ms	40
Reset delay time	0 ... 60000	ms	20
Measurement mode	... 3 ⁽⁵⁾		3

9. Ověření nastavení ochran

Kontrola oteplení vodičů při zkratu:

Vypínací čas je součet vypínacího času vypínače a ochrany. Proto tedy závisí na typu vypínače, který zkrat odepíná.

$$t_k \leq \left(\frac{S \cdot K}{I_{th}} \right)^2 = \left(\frac{240 \cdot 94}{20000} \right)^2 = 1,27s$$

Čas působení ochrany musí být menší než 1,27s.

$$t_k \leq \left(\frac{S \cdot K}{I_{th}} \right)^2 = \left(\frac{185 \cdot 94}{20000} \right)^2 = 0,75s$$

Čas působení ochrany musí být menší než 0,75s.

$$t_k \leq \left(\frac{S \cdot K}{I_{th}} \right)^2 = \left(\frac{120 \cdot 94}{20000} \right)^2 = 0,31s$$

Čas působení ochrany musí být menší než 0,31s.

10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo nastavení nadproudových a zkratových ochran pro jednotlivá pole v rozvodně E29 s výjimkou polí pro měření číslo 4. a 17. a pole číslo 12, kde se nachází rezerva.

V teoretické části jsem se zaměřil na popis elektrických ochran od základních požadavků, které jsou na ně kladeny, před výčet několika jednotlivých druhů jako např. nadproudové ochrany, srovnávací ochrany aj. až po výčet jednotlivých členů ze kterých se ochrana skládá. Dále jsem ještě v teoretické části přiblížil postup výpočtu zkratů, kde bylo potřeba nejprve si určit výchozí podmínky, základní vzorce pro výpočet impedance jednotlivých zařízení a vzorce pro výpočet zkratového proudu.

Praktická část obsahovala popis použité elektrické ochrany REF620 od společnosti ABB, a.s. a její základní konfigurace. Následující kapitola obsahovala popis rekonstruované rozvodny v průmyslovém podniku a vlastní výpočet potřebný pro návrh nadproudové a zkratové ochrany.

Při výpočtu jsem vycházel ze jmenovitých hodnot rozvodny E29, minimálního zkratového proudu v nadřazené rozvodně E25 a základních hodnot ostatních použitých zařízení včetně použitých kabelů. Nejprve jsem si musel vypočítat minimální dvoufázový zkratový proud ($I_{k2min}'' = 4,23kA$) a maximální trojfázový zkratový proud ($I_{k3min}'' = 4,89kA$) v rozvodně, ve které budou ochrany umístěny. Poté vylo ještě zapotřebí vypočítat minimální dvoufázové průchozí zkraty na vybraném transformátoru v každé smyčce.

Z vypočtených hodnot jsem dále mohl pokračovat v návrhu ochran v jednotlivých polích. Při nastavování jsem bral ohled i na proudovou a časovou selektivitu nadproudových i zkratových ochran a maximální zatížení měřících transformátorů proudu, to nesmi překročit 1,2 násobek jmenovité hodnoty. Všechny hodnoty nastavení ochran v jednotlivých polích je uvedeno v kapitole č. 8. Na konci jsem ještě provedl ověření oteplení kabelů při zkratu a všechny kabely vyhovují, neboť čas působení ochrany je nižší.

11. Literatura

[1]

HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava: Vydala VŠB-TU Ostrava ve vydavatelství Montanex, 2008. ISBN 978-80-7225-291-6.

[2]

TLUSTÝ, Josef. *Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04940-2.

[3]

DOHNÁLEK, Petr. *Ochrany pro průmysl a energetiku: určeno [také] pro posl. pomaturitního inovačního studia oboru zařízení silnoprůdé elektrotechn. a studia postgraduálního*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1978. Řada elektrotechnické literatury.

[4]

GRYM, Rudolf. *Chránění II: elektrická zařízení vysokého napětí, chránění zařízení v průmyslu*. Havířov: IRIS, c2004. Pracovní a učební pomůcky. ISBN 80-903540-0-9.

[5]

ČSN EN 60909-0 (333022)

Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů

[6]

ČSN 33 3051 (333051)

Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení

[7]

JANÍČEK, František. *Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 80-227-2135-2.

[8]

HALUZÍK, Evžen. *Ochrany a automatiky v elektrických sítích*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1986.

[9]

MEDVEC, Zdeněk. *Ochrany a automatiky v elektrických sítích: průvodce studiem*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, 2003. ISBN 80-248-0319-4.

[10]

Firemní literatura a katalogy ABB, technická dokumentace rozvodny vn v průmyslovém podniku.

12. Seznam obrázků

Obr. 1 - Vazba ochrany a chráněného objektu	3
Obr. 2 - Stavová reprezentace chránění	4
Obr. 3 - Náhradní schéma PTP.....	5
Obr. 4 - Nadproudová ochrana s char. časově a) závislou, b) polozávislou, c) nezávislou, d) mžikovou	8
Obr. 5 - Principiální schéma funkce rozdílové ochrany	10
Obr. 6 - Příklad složení ochrany.....	11
Obr. 7 - Zkratový proud elektricky vzdáleného zkratu (schematický diagram).....	13
Obr. 8 - Výkres zapojení konfigurace se senzory	20

13. Seznam tabulek

Tab. 1 - Nejběžnější charakteristika měřících jader PTP	6
Tab. 2 - Nejběžnější charakteristika jistících jader PTP.....	6
Tab. 3 - Nejběžnější charakteristika měřících jader PTN.....	7
Tab. 4 - Nejběžnější charakteristika jistících jader PTN.....	7
Tab. 5 - Normalizované časově závislé charakteristiky podle IEC.....	9
Tab. 6 - Druhy měřících členů ochrany.....	12
Tab. 7 - Napěťový součinitel c.....	14
Tab. 8 - Hlavní nastavení nesměrové nadproudové ochrany (PHxPTOC)	18
Tab. 9 - Popis jednotlivých polí rozvodny E29.....	21
Tab. 10 - Pole č. 0 - Smyčka - pole č. 21	23
Tab. 11 - Pole č. 1 - Smyčka - pole č. 20	23
Tab. 12 - Pole č. 2 - Smyčka - pole č. 19	23
Tab. 13 - Pole č. 5 - Smyčka - pole č. 15	23
Tab. 14 - Pole č. 6 - Smyčka - pole č. 16	23
Tab. 15 - Pole č. 7 - Smyčka - pole č. 13	24
Tab. 16 - Pole č. 8 - Smyčka - pole č. 14	24
Tab. 17 - Pole č. 9	24

14. Přílohy

č. 1. Přehledové schéma rozvodny